

ISOLANTI TERMICI

"stretti" tra normative severe e l'esigenza di costruire *low cost*, eco e bio. Le ultime frontiere della ricerca con i "sottili" in primo piano

SIMONA CINTI, FABIO CONATO

Nel panorama della produzione di isolanti termici negli ultimi anni si è assistito ad una proliferazione di aziende che hanno introdotto sul mercato moltissimi materiali, diversi per natura e per prestazioni.

Nella scelta del materiale e del prodotto da utilizzare le discriminanti che oggi possono essere poste in rilievo sono molteplici e dipendono non solamente dalle proprietà termiche offerte, ma anche da ulteriori e diverse esigenze. Esigenze che sono il risultato delle stringenti normative che rendono sempre più complessa la progettazione costruttiva a fronte di una richiesta costante di riduzione dei costi di costruzione. A questi aspetti si aggiungono, come richieste di prestazione complementari a quelle citate, quelli rivolti alla volontà di applicazione di materiali con elevati attributi di ecologia e salubrità, quindi traspirabili, naturali e riciclabili.

I materiali che oggi possono essere definiti innovativi vanno ricercati tra quelli che, con costi coerenti con le logiche del mercato edilizio attuale, riescono a consentire il raggiungimento di elevate prestazioni del sistema costruttivo nel suo insieme; non si tratta quindi di valutare il semplice materiale nelle sue caratteristiche termiche, ma anche nella sua attitudine nel contribuire a comporre un sistema, altrimenti non sufficientemente performante, adeguato a rispondere a tutte le prestazioni, cogenti e non, ad esso richieste.

Soluzioni innovative di applicazione di materiali isolanti in particolari nodi costruttivi.

In alto a sinistra: casseforme a perdere in legno mineralizzato con interposizione di materiale isolante per la formazione di chiusure verticali.

In alto a destra: controtelaio per finestra in materiale isolante sagomato per alloggiare e sostenere gli elementi dell'infisso.

In basso: casseforme a perdere in materiale isolante per la formazione di un vespaio areato tipo igloo.

MODULO PAROLE CHIAVE

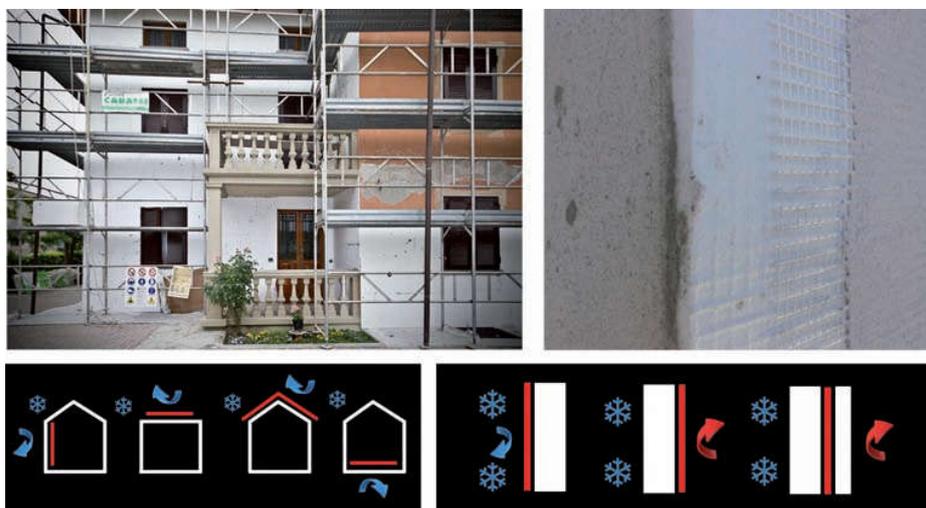
ISOLANTI TERMICI – ISOLANTI SOTTILI – PROFILI SAGOMATI – ISOLANTI SINTETICI - AEROGEL - VACUUM INSULATION PANELS - PANNELLI MULTISTRATO IN MATERIALE RIFLETTENTE - MATERIALI A CAMBIAMENTO DI FASE - LASTRE TRASPARENTI IN POLICARBONATO

L'obiettivo progettuale è quello di individuare prodotti versatili con prestazioni adeguate a soluzioni costruttive di nuova concezione.

In riferimento a quest'ultima considerazione, l'interesse del mercato è rivolto a quegli isolanti la cui natura e composizione li rende idonei a potersi plasmare fisicamente attorno ai nodi costruttivi più complessi, risolvendo ponti termici oppure aventi una capacità meccanica tale da consentire la realizzazione di soluzioni costruttive di nuova concezione.

In questo ambito si possono citare, ad esempio, gli isolanti sintetici per i controtelai di finestre, che hanno raggiunto un livello di lavorabilità, compattezza e resistenza tali da poter essere sagomati secondo forme complesse e al tempo stesso in grado di sostenere meccanicamente gli elementi di infisso.

O, ancora, vanno considerati gli isolanti che possono essere sagomati per adattarsi ad elementi speciali dell'edificio o quelli capaci di comporre soluzioni innovative di chiusura e partizione. È il caso, ad esempio, dei profili modellati a formare la cassaforma a perdere di vespai areati (tipo igloo) e di pareti portanti; od ancora, materiali isolanti che realizzano la struttura di solaio che contiene il getto in calcestruzzo e contemporaneamente svolgono la funzione equivalente delle pignatte in laterizio; in quest'ultimo caso, isolanti sintetici con l'interposizione di sottili elementi metallici di rinforzo o materiali a base di fibre di legno garantiscono la resistenza meccanica necessaria a contenere e supportare getti in calcestruzzo insieme ad un potere isolante che accresce le proprietà termiche del sistema costruttivo già a partire dall'elemento strutturale.



Isolamento in pannelli di aerogel.

In alto, a sinistra e a destra: immagini di cantiere e dettaglio della posa di pannelli in soluzione a cappotto. La posa avviene come un tradizionale cappotto, applicando i pannelli alla chiusura intonacata mediante colla e, successivamente, fissando i pannelli con apposite tassellature. La finitura esterna si ottiene attraverso l'applicazione di un rasante, previo inserimento di una rete in fibra di vetro per evitare eventuali fessurazioni dovute alle dilatazioni termiche.

In basso a sinistra: schema delle possibilità di applicazione dei pannelli o dei rotoli in aerogel nell'edificio.

In basso a destra: applicabilità dell'aerogel all'interno dell'involucro edilizio; a cappotto, verso l'interno dell'involucro oppure in uno strato intermedio (muro a cassetta); per queste ultime due configurazioni deve essere eseguita un'opportuna verifica della possibile formazione di condensa interstiziale.

Aerogel e pannelli multistrato riflettenti, *Vacuum insulation panels* per le pareti opache e i solai. *Aerogel*, lastre di tubi capillari, PCM per le pareti finestrate: le applicazioni più efficienti nel mix spessore/resistenza termica

Tra gli isolanti considerati innovativi un ruolo fondamentale è svolto da quei materiali che offrono una resistenza termica tale da consentirne l'applicazione in spessori sensibilmente ridotti rispetto a quelli comunemente utilizzati.

Gli isolanti in spessori sottili oggi utilizzabili nelle costruzioni possono essere classificati in funzione della tipologia di applicazione.

Tra gli isolanti sottili per pareti opache e solai oggi le soluzioni più innovative sono le seguenti:

Aerogel in pannelli o rotoli: soluzioni di aerogel rinforzato con fibre ad alta densità.

Pannelli multistrato in materiali riflettenti: pellicole metallizzate separate tra loro da strati di schiuma o ovatta da applicare nelle pareti verticali.

Vip (*Vacuum insulation panels*): pannelli rigidi rivestiti ermeticamente da materiale riflettente, all'interno dei quali viene estratta l'aria creando il vuoto.

Per le pareti trasparenti e, più semplicemente, per le superfici finestrate gli isolanti sottili più performanti oggi presenti nel mercato sono:

Aerogel in granuli o in forma compatta da inserire all'interno del vetro camera.

Lastre di tubi capillari da applicare all'interno del vetro camera;

Materiali a cambiamento di fase e pannelli prismatici da inserire nel vetro camera;

Profili trasparenti in policarbonato in sostituzione della superficie vetrata;

L'aerogel è un materiale relativamente nuovo per il settore delle costruzioni che, dopo anni di sperimentazioni e studi, è riuscito ad entrare attivamente nel mercato grazie alla possibilità di ottenere protezioni termiche con spessori estremamente ridotti. Anche se presenta costi decisamente superiori rispetto agli isolanti tradizionali (2-2,5 volte), gli isolanti a base di aerogel sono già discretamente diffusi negli interventi di riqualificazione energetica dell'edilizia storica di pregio, ovvero nei cantieri in cui l'applicazione di materiale isolante comporta una riduzione delle superfici utili.

L'aerogel è una delle sostanze più leggere conosciute fino ad ora. È composto dal 98% d'aria e 2% di silicio amorfo, il principale componente della comune sabbia o vetro, ma è mille volte meno denso. La sua struttura nanoporosa

Confronto di prestazioni tra vetrate isolanti tradizionali e vetrate che utilizzano TIMs (4mm vetro esterno – 4 mm vetro interno)

Fonte: "Lighting and Energetic Characteristics of Transparent Insulating Materials: Experimental Data and Calculation", Cinzia Buratti Elisa Moretti. Department of Industrial Engineering, University of Perugia. Febbraio 2011.

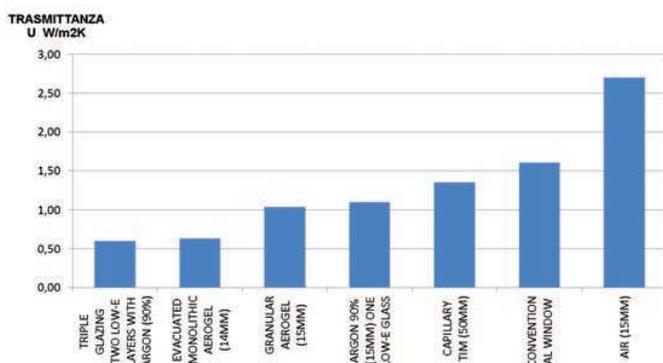
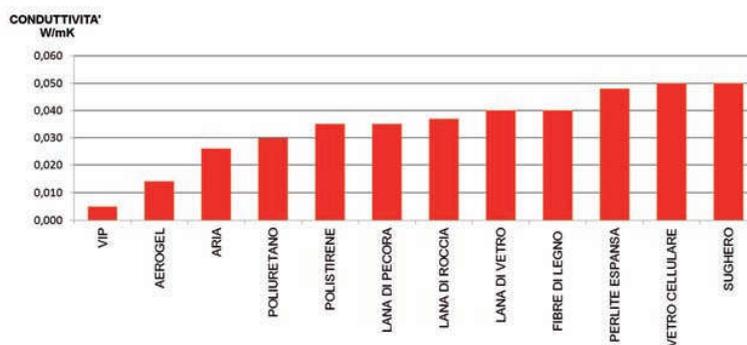


Tabella della conduttività termica dei materiali isolanti per partizioni e chiusure opache; nel grafico sono presenti alcuni degli isolanti termici commercialmente più diffusi e quegli isolanti sottili le cui prestazioni termiche risultano effettivamente quantificabili.



lo rende un eccezionale isolante termico e un inibitore convettivo perché l'aria non può circolare al suo interno (conducibilità $0,014 \text{ W/mK}$). In commercio sono presenti diverse soluzioni di pannelli di aerogel rinforzato con fibre ad alta densità (polietilene o vetro a seconda delle applicazioni) ed eventualmente rivestito da strati superficiali di protezione e resistenza meccanica. Grazie alla ridotta conducibilità dell'aerogel ($0,014 \text{ W/mK}$), i pannelli possono essere prodotti in spessori da 5 ad un massimo di 50 mm e sono utilizzati per l'isolamento delle pareti verticali; possono essere applicati in soluzione a cappotto (verso l'esterno dell'edificio) e poi rifiniti con uno strato di intonaco, oppure in soluzioni di rivestimento interno, già integrati a strati di finitura in gesso.

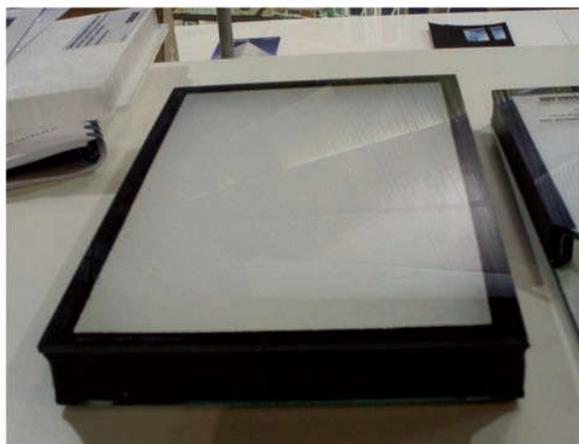
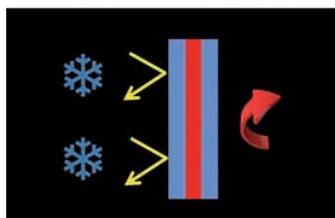
Una ulteriore interessante applicazione dell'aerogel per la protezione termica delle pareti verticali è offerta dall'impiego di questo materiale in granuli nell'impasto per l'intonaco esterno, con possibilità di realizzare superfici con uno spessore fino ad un massimo di 8 cm e ottenere le stesse proprietà isolanti di un cappotto di 15/30 centimetri di isolante tradizionale.

L'erogel, in forma monolitica (ovvero come materassino compatto semitrasparente) oppure in forma granulare, può essere utilizzato anche come riempimento dell'intercapedine di vetrate isolanti. In questo caso il materiale consente, nell'applicazione di grandi superfici trasparenti, di migliorare sensibilmente le proprietà termiche di un sistema costruttivo le cui prestazioni, anche nelle soluzioni più performanti, non si avvicinano minimamente a quelle di una parete opaca. Vetrate isolanti con riempimento in aerogel naturale riescono a raggiungere una trasmittanza fino a $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ e un isolamento acustico superiore a 52dB (per un'intercapedine riempita con erogel di profondità 60 mm). Aerogel in forma monolitica inserito in intercapedine in condizioni evacuate (in assenza di aria) consente anche trasmittanze inferiori a quelle citate ed un maggiore coefficiente di trasmissione luminosa, ma soluzioni commerciali che utilizzano questa tecnologia sono ancora meno diffuse e più costose di quelle che impiegano aerogel granulare.

Le vetrate isolanti con aerogel possono poi essere prestazionalmente migliorate utilizzando lastre con trattamenti superficiali (in particolare basso emissive).

L'aerogel in forma granulare può essere inserito anche all'interno di pareti realizzate con profili in vetro estruso (u-glass), montati in doppia orditura a formare un'intercapedine, ottenendo involucri traslucidi aventi un buon isolamento termico senza l'impiego di telai metallici di supporto.

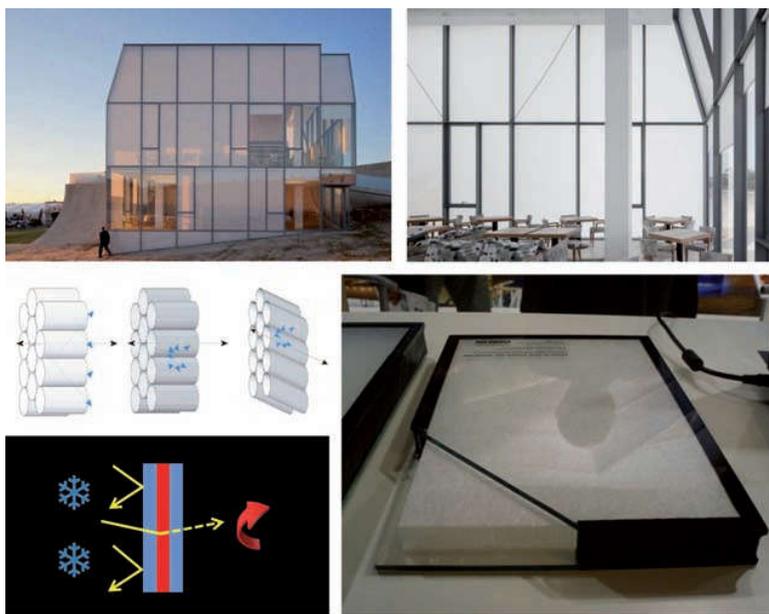
Nell'edilizia comune tali soluzioni stentano a diffondersi, non solamente a causa dell'elevato costo di queste faccia-



Elementi vetrati con aerogel nell'intercapedine del vetro camera.

In alto a sinistra e a destra: Eli & Edythe Broad Art Museum, Michigan State University, East Lansing, Michigan/US. Zaha Hadid Architects. Foto di Rocket-Photos and Paul Warchol. Le lastre con aerogel in forma granulare sono utilizzate in copertura.

In basso a sinistra: schema di funzionamento della facciata, dove l'aerogel incrementa le proprietà isolanti del tamponamento e riduce la trasmissione energetica verso l'interno dell'edificio. In basso a destra: campione di vetrata con aerogel in granuli tra le due lastre.



Facciate vetrate con l'inserimento di tubi capillari.

In alto, a sinistra e a destra: Cité de l'Océan et du Surf, Biarritz, Francia. Steven Holl Architects con Solange Fabião e Rüssli Architects. Foto di Fernando Guerra.

A sinistra, al centro: schema di riflessione delle radiazioni solari al variare dell'orientamento dei tubi capillari all'interno del vetro camera.

A sinistra, in basso: schema di funzionamento della facciata; la presenza dei tubi capillari in PMMA, oltre a ridurre la trasmittanza della chiusura, consente di riflettere e/o deviare le radiazioni solari incidenti.

In basso a destra: campione di vetrata con tubi capillari nell'intercapedine tra i due vetri.

te, ma anche perché l'inserimento dell'areogel rende le pareti traslucide, consentendo il passaggio della radiazione luminosa, ma eliminando completamente l'effetto di trasparenza.

Un'applicazione simile, con costi più contenuti (ma pur sempre elevati) e prestazioni leggermente inferiori, è composta dall'impiego di cosiddette lastre di tubi capillari all'interno della vetrata isolante. Si tratta di pannelli costituiti da sottili filamenti paralleli in PMMA (polimetilmetacrilato, chiamato comunemente metacrilato, ovvero un materiale plastico) in spessori variabili da 1,5 a 3 mm, saldati tra loro e utilizzati come materiale di riempimento dell'intercapedine di una vetrata isolante. La struttura cellulare ottenuta dall'accostamento dei tubi capillari in PMMA consente di ridurre sensibilmente la trasmittanza termica del tamponamento trasparente grazie alla limitazione del fenomeno termico di convezione. Rispetto ad un vetro camera tradizionale (senza l'inserimento di gas isolanti e senza trattamenti alle lastre), un vetro camera con all'interno una lastra capillare riduce la trasmittanza termica di circa il 30-40%; si aggiunga, inoltre, che vetrate isolanti con lastre capillari possono incrementare ulteriormente le prestazioni aggiungendo ai vetri trattamenti basso emissivi e inserendo gas isolanti nella camera d'aria contenente i pannelli. Ad esempio, una vetrata con doppia camera con trattamento basso emissivo e argon può raggiungere trasmittanze fino a 0,8 W/m²K.

Alle proprietà isolanti, le lastre capillari aggiungono elevate prestazioni ottiche grazie alla presenza dei filamenti capillari (eventualmente anche colorati) che, attraverso la loro capacità di riflessione, riducono la trasmissione della radiazione solare all'interno degli ambienti (sia in termini di luce sia di calore - circa 15-20% rispetto ad un tradizionale vetro camera senza trattamenti). L'impiego di lastre con capillari posati nell'intercapedine con orientamenti

Facciate vetrate con materiali a cambiamento di fase nell'intercapedine del vetro camera.

A sinistra: sezione di una facciata tipo con l'inserimento di una lastra prismatica nella prima intercapedine e di materiali a cambiamento di fase nell'ultima intercapedine.

Al centro: Alterswohnen Domat/Ems; GlassX Architecture, Zurigo 2004.

A destra: visione della facciata in vetro con PCM allo stato liquido (in alto), solido (al centro) e durante il cambiamento di fase (in basso).

Fonte delle immagini: GlassX Crystal





specifici consente inoltre di ottenere particolari effetti, dalla capacità di diffondere la luce verso la profondità degli ambienti, alla possibilità di dirigere all'interno dell'edificio radiazioni solari anche in prospetti poco irraggiati. Pannelli con lastre capillari possono essere inseriti nell'involucro in accoppiamento con pareti opache; le lastre, poste verso l'esterno, sono separate dall'involucro interno da un'intercapedine (principio del muro di trombe). Tale applicazione però deve essere attentamente valutata per il contesto climatico mediterraneo in quanto la parete trasparente, per sua natura e dichiarazione prestazionale, limita notevolmente l'espulsione del calore estivo accumulato in eccesso.

Tra le applicazioni di materiali con specifiche proprietà termiche all'interno del vetro camera vi è anche la soluzione che prevede l'inserimento di materiali a cambiamento di fase (PCM), unitamente a lastre prismatiche riflettenti. In un triplo vetro si prevede l'applicazione delle lastre prismatiche nell'intercapedine più esterna con l'obiettivo di riflettere la radiazione solare incidente ed evitare il surriscaldamento dei vani interni (attraverso un'opportuna sagoma dei prismi è possibile riflettere solamente i raggi con inclinazioni superiori a 40°); nell'intercapedine rivolta verso gli ambienti, invece, vengono inseriti dei materiali a cambiamento di fase. I materiali a transizione di fase sono ormai presenti da diversi anni nel circuito edilizio su interventi realizzati a carattere sperimentale. Si tratta di materiali capaci di immagazzinare energia per conduzione, convezione e irraggiamento per poi cederla durante un cambiamento di fase (ad esempio passando dallo stato solido a quello liquido). Attivando questo fenomeno fisico i PCM, passando dallo stato solido allo stato liquido, assorbono calore contribuendo nel controllo delle temperature interne; al calare delle temperature, quindi con uno sfasamento temporale coerente una corretta gestione del microclima interno, i PCM tornano allo stato solido e restituiscono l'energia accumulata, comportandosi, in linea teorica generale, come un materiale dotato di inerzia termica.

Nelle condizioni climatiche delle nostre aree geografiche, dove le temperature estive sono molto elevate, gli ambienti interni sono però generalmente dotati di impianto di climatizzazione; come conseguenza si concretizza la possibilità che non vengano raggiunte le temperature con le quali i PCM possono cambiare stato.

Un'alternativa economicamente vantaggiosa rispetto alle soluzioni di chiusura traslucida citate, anche se di differente impatto prestazionale, è offerta dai profili trasparenti in polycarbonato con struttura a nido d'ape. Questi ultimi, ormai noti da molti anni, stanno nuovamente entrando nel mercato grazie ai progressi compiuti in relazione alle caratteristiche fisiche e geometriche della struttura delle lastre. I profili sono caratterizzati da una sezione composta da una serie di piccole intercapedini affiancate che si estendono lungo lo sviluppo longitudinale del pannello; l'aspetto innovativo è ottenuto proprio dall'aumento dello spessore e del numero di intercapedini (fino a 40 mm con 7 intercapedini nella profondità della sezione), migliorando notevolmente le prestazioni termiche ed acustiche del pannello (trasmissione termica fino a 1,1-1,7 W/m²K). Essendo materiali traslucidi, inoltre, offrono una serie di prestazioni aggiuntive funzionali al recupero di calore da irraggiamento solare. Buone prestazioni sono ottenute anche utilizzando questi profili in facciata ventilata, garantendo, grazie alle loro proprietà fisiche e ottiche, un sensibile recupero di calore nelle condizioni invernali.

Materiali opachi specificatamente isolanti, ormai notevolmente diffusi (grazie al costo contenuto) e aventi pro-

Applicazione di facciate in polycarbonato alveolare. A sinistra: Cricket Club a Derby, Gran Bretagna. Al centro, in alto: dettaglio della sezione di un pannello in polycarbonato alveolare; per l'applicazione delle lastre in facciata è necessario l'ausilio di profili metallici di supporto.

A destra: applicazione di pannelli in polycarbonato a finitura di un involucro opaco, previa interposizione di un'intercapedine.

Al centro, in basso: schema di funzionamento di un involucro con lastra in polycarbonato esterna. La lastra in polycarbonato, per le sue caratteristiche di traslucenza, induce alla formazione dell'effetto serra ad opera delle radiazioni solari incidenti; La possibilità di montarla in facciata ventilata consente, inoltre, di smaltire l'eventuale calore accumulato nelle condizioni estive.

proprietà termiche elevate a fronte di uno spessore limitato, sono anche gli isolanti sottili multistrato riflettenti. Si tratta di isolanti tecnici a basso spessore (circa 30 mm), costituiti da una serie di pellicole riflettenti metallizzate (fino a 8 in un pannello) separate tra loro da strati di schiume e ovatte. I film riflettenti consentono di riflettere l'irraggiamento termico che raggiunge la loro superficie. Per poter riflettere le radiazioni termiche deve essere predisposta un'intercapedine, davanti al pannello, dello spessore di 2-3 cm. Gli isolanti multistrato riflettenti vengono posizionati nello spessore dell'involucro dell'edificio (pareti verticali e copertura). La capacità isolante di questi pannelli viene equiparata a circa 20 cm di isolante in lana minerale. Non avendo una struttura rigida, questi isolanti vengono fissati ad un telaio di montanti (generalmente in legno) il cui spessore definisce già la profondità dell'intercapedine. Il calore da riflettere può essere quello proveniente dall'interno dell'edificio e in questo caso l'isolante svolge la funzione di evitare la dispersione dell'energia prodotta dall'impianto di riscaldamento; si può consentire all'isolante di riflettere anche la radiazione solare estiva e, in questo caso, l'intercapedine deve essere posizionata verso l'esterno. Ad esempio gli isolanti sottili vengono applicati sulla superficie esterna della chiusura a contatto con l'intercapedine della facciata ventilata.

Nella condizione ottimale è possibile consentire all'isolante di riflettere entrambe le tipologie di radiazione termica (estive da irraggiamento solare ed invernali da riscaldamento). Ciò comporta però la definizione di una struttura che raggiunge lo spessore di circa 10 cm, rendendo così il sistema abbastanza ingombrante e complesso nella composizione costruttiva, riducendone di fatto le possibilità applicative.

Questi isolanti, grazie alla struttura deformabile che li caratterizza, possono essere utilizzati anche per rivestire tubazioni o elementi impiantistici.

Tra gli isolanti innovativi utilizzabili per le chiusure e le partizioni degli edifici sono da citare anche i cosiddetti Vip (Vacuum Insulation Panels ovvero pannelli isolanti sotto vuoto).

Isolanti sottili multistrato riflettenti.

In alto a sinistra: applicazione dell'isolante nella partizione verticale tra unità abitative e locali di servizio non riscaldati. L'isolante, fornito in rotoli, deve essere fissato, tramite graffatura, su travetti lignei in modo da creare un'intercapedine di almeno 20 centimetri su entrambi i lati dell'isolante stesso.

I fogli di isolante possono essere utilizzati anche per isolare termicamente le tubazioni o settori speciali delle partizioni verticali (ad esempio in corrispondenza di elementi radianti) presenti all'interno degli edifici (ved. Immagini in alto al centro e a destra).

In basso a sinistra: schema delle possibilità di applicazione degli isolanti sottili multiriflettenti nell'involucro edilizio; oltre alla condizione invernale, che prevede la riflessione delle radiazioni termiche verso l'interno dell'edificio, è possibile predisporre un funzionamento estivo attraverso la riflessione del calore da irraggiamento.

In basso a destra: schemi di funzionamento invernale ed estivo degli isolanti in funzione della loro collocazione all'interno dell'involucro.





Isolanti VIP

In alto: immagine dell'applicazione di pannelli VIP nella stratigrafia di un solaio. I pannelli, oltre ad essere molto delicati, non possono essere adattati in opera; la rottura del rivestimento esterno, infatti, annulla l'effetto vuoto e il pannello perde ogni proprietà isolante.

In basso a sinistra: schema delle possibilità di applicazione degli isolanti VIP nell'involucro edilizio.

In basso a destra: schema di funzionamento dell'isolante che deve necessariamente essere posato all'interno della stratigrafia dell'involucro per avere una sufficiente protezione dalla rottura (sia per le chiusure verticali, sia per le chiusure orizzontali).

Il funzionamento termico dei pannelli Vip è ottenuto sostituendo l'aria ferma racchiusa tra i pori e creando il vuoto. Si tratta di pannelli dello spessore massimo di 40 mm aventi un'anima interna riempita da schiuma di acido silicico rivestita da una chiusura ermetica in fogli di alluminio; dal pannello ottenuto viene poi estratta l'aria per creare il vuoto. Il rivestimento in materiale riflettente consente poi di aumentare l'isolamento termico grazie alla riflessione delle radiazioni termiche. Le prestazioni di questi pannelli sono tali da raggiungere valori di trasmittanza dell'ordine di 0,15-0,20 W/m²K.

Il ridotto spessore li rende particolarmente adatti ad applicazioni nell'edilizia esistente, dove spesso si hanno vincoli dimensionali tali da non rendere attuabili soluzioni con isolanti di tipo tradizionale. I loro limiti sono dati essenzialmente dai costi estremamente elevati e dalla difficile intergrabilità nei sistemi edilizi. Non potendo, infatti, essere tagliati in cantiere devono essere realizzati su misura con un ulteriore aggravio di costi. Sono inoltre molto delicati e in caso di urto accidentale con rottura del rivestimento il pannello perde completamente le proprietà isolanti.

Per il prossimo futuro l'avanzamento della ricerca sui materiali e sui sistemi isolanti è indirizzato sia verso le nanotecnologie, ed in particolare ancora nell'impiego dell'aerogel in soluzione monolitica (avente maggiori prestazioni termiche), sia nel miglioramento delle prestazioni degli isolanti tradizionali.

Per questi ultimi la ricerca si rivolge soprattutto agli isolanti di origine sintetica; sono già stati brevettati materiali aventi una elevatissima resistenza meccanica a fronte di una estrema leggerezza, aumentandone così le possibilità applicative dell'isolante all'interno del cantiere.